

比抵抗法を用いた簡易含水比測定装置の開発

東京都市大学 学生会員 ○佐野 俊祐
東京都市大学 一般会員 末政 直晃

1. はじめに

平成 23 年度 3 月 11 日、東日本大震災が発生した。この地震により関東沿岸部を初め広範囲の土地が液状化の被害を受けた。写真 1 に液状化被害を示す。1964 年に発生した新潟地震を機に液状化の研究や判定法の開発が進められた。一方で、宅地における液状化に対する評価は、法律で定められている事項は少なく、設計者の判断によるところが大きい。適切な評価法がないために正しく行われていない実態がある。現段階の液状化に対する評価は F_L 法が用いられるが、ボーリング試験を行わなければいけないため、コストの面からも宅地での液状化判定を必須にするのは困難である。現在、宅地の地盤調査法で最も用いられるスウェーデン式サウンディング試験（以下、SWS 試験）では、地盤の硬軟は計測することが可能であるが、地下水位や圧縮性、含水比を測定することが不可能ため SWS 試験結果だけでは液状化判定が出来ない。すなわち地下水位や含水比の測定が可能であれば SWS 試験結果から簡易的な液状化判定が可能であると考えられる。そこで本研究では、SWS 孔を利用して地盤の地下水位および含水比を簡易的に計測する含水比測定装置の開発を目的とする。本報告では、比抵抗四極法を用いた装置の開発および模型地盤での含水比の測定結果について述べる。

2. 含水比測定装置概要¹⁾

宅地地盤における含水比測定は、SWS 試験終了後にロッドにサンプラーを取り付け、土を採取する方法があるが、地下水に触れてしまうことや目的の深度に達する前に孔壁にサンプラーが接触してしまい正確な含水比の測定が難しい。そこで、本研究では比抵抗法を採用した。一般に比抵抗法は、電極棒を地表面にさして比抵抗値から広範囲における層区分などの判定の際に用いられるが、本研究では、含水比測定に特化させるため、コーン形状にし、4 極法を採用した。写真 2 に実験装置の概要を示す。装置の電極部は直径 22mm、幅 6mm のものを 8mm 間隔で 4 つ設置し、ウェンナー法に基づき内側の二本の電極に電圧をかけ抵抗値を測定し、外側の二本の電極から電流値を測定する。4 極法における抵抗からの比抵抗値の算出は次の式を用いる。

$$\rho = 4\pi aR \quad (1)$$



写真 1, 液状化により噴出した地盤

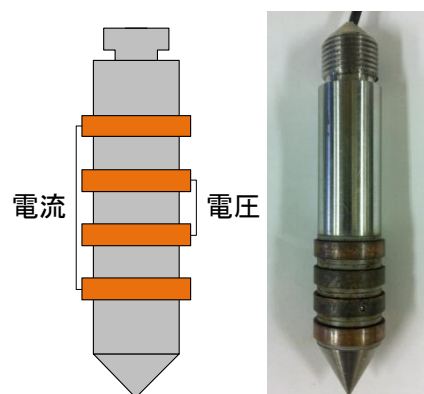


写真 2, 含水比装置の概要と実物



写真 3, 模型地盤の作製

キーワード 比抵抗法, 液状化, 含水比

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL03-5707-0104 g0818051@tcu.ac.jp

ここで、 ρ ：比抵抗値、 a ：電極棒の間隔、 R ：電圧・電流から求めた抵抗値を示す。

3. 実験概要

試料には重量比でローム 0.7 に対して、山砂 0.3 を混合させたものを用いた。模型地盤の作製は、含水比を調整後にアクリル製の円筒容器(直径 20cm, 高さ 15cm)に試料を入れ、ベロフラムシリンダーを用い 50kPa の圧力で 3 層に分けて締固めた。実験条件として含水比は 10% 刻みで調整し、30% から 60% まで合計 4 ケースとした。なお、すべてのケースにおいて模型地盤の乾燥密度 (ρ_d) は 0.79 g/cm^3 、間隙比 (e) 2.35 に調整した。写真 3 に実験に用いたベロフラムシリンダーによる締め固めの様子を示す。含水比測定装置を設置するためには、模型地盤に事前に含水比測定装置より小さい径の穴を空け、装置を挿入した。入力電圧は、10V 刻みで 30V から 120V までである。

3. 測定結果

図 1 に比抵抗値と電圧の関係を示す。含水比 30% のケースに着目すると低電圧時における比抵抗値は非常に大きい値を示し、含水比の増加とともに比抵抗値が低下する傾向が見られた。しかし、40% から 60% の含水比においては電圧の値にかかわらず比抵抗値は、ほぼ一定値を示した。図 2 に飽和度と比抵抗値の関係を示す。ここでは、比抵抗値が安定している 80V から 100V の範囲を抽出している。飽和度 45% 以上、65% 以下での比抵抗値の挙動は飽和度 45% 以下の傾きよりも低い値を示している。飽和度 65% 以上の範囲では、比抵抗値はほぼ一定の値を示している。

4. 考察・まとめ

電圧と比抵抗値の関係について、含水比 30% における比抵抗値は電圧の影響を受けている。通常は、比抵抗値と電圧には依存性がないため低電圧による比抵抗値の増加は何らかの問題性があると考えられる。飽和度と比抵抗値の関係について、飽和度が 65% 以上の比抵抗値に着目すると、水道水の比抵抗値は概ね $200\Omega\text{m}$ を得ることより、飽和度 100% の方が電気を通す結果となった。これは土の中に含まれる電導性鉱物や塩分などが水道水に電気を通らせる影響を与える要因になったと考える。図 3 に含水比と比抵抗値の関係を示す。含水比 30% における比抵抗値が電圧の影響を大きく受けていることが見て取れる。含水比 40% 以後の含水比に着目すると、あまり変化がないことが見て取れる。今後の実験では、飽和度と間隙比(間隙率)の影響を大きく受けることより、体積含水率(飽和度×間隙率)で見ていくことが、影響を顕著に見て取れる重要な指標になると考える。

<謝辞>

本研究の実施にあたって、トステム財団様に多大な助成を頂きました。記して謝意を表します。

<参考文献>1) 地盤の可視化と比抵抗高密度探査法の実験 鹿島出版会 page 2-59

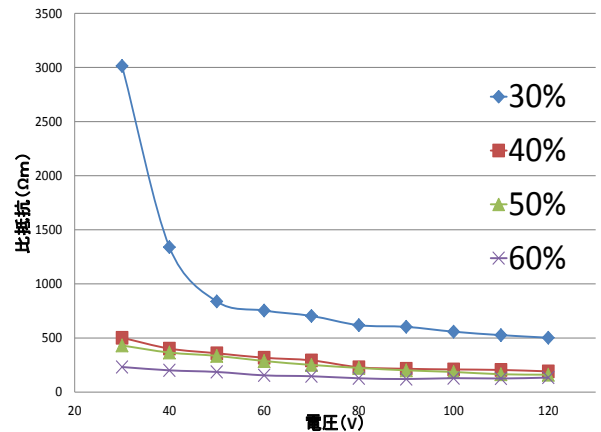


図 1, 電圧と比抵抗値の関係

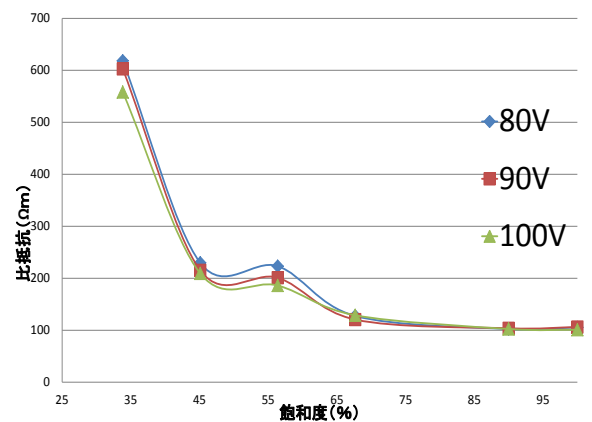


図 2, 飽和度と比抵抗値の関係

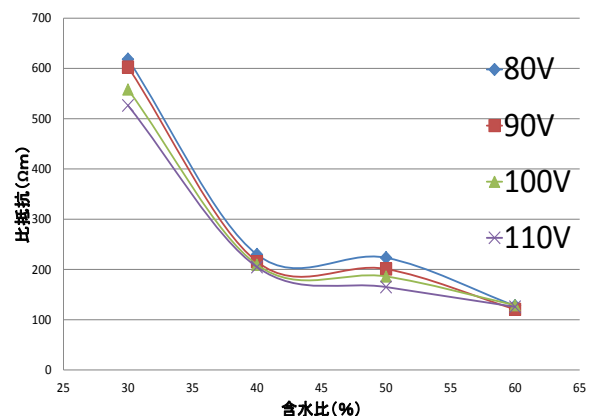


図 3, 含水比と比抵抗値の関係